

Описанные результаты требуют развернутого экспериментального подтверждения, поскольку находятся в противоречии с известной аналогией Рейнольдса, согласно которой «с ростом потока массы пропорционально возрастет величина теплового потока, однако сопротивление трения повышается пропорционально квадрату скорости».

#### *Библиографический список*

1. Гортышов Ю.Ф. Теплоотдача и трение на поверхности со сферическими выемками / Ю.Ф. Гортышов, В.В. Олимпиев, И.А. Федотов // Изв. ВУЗов. Авиационная техника. 1996. № 3. С. 16-21.

## **МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЭМАЛИ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ТРУБОПРОВОДОВ**

*Ворошилова И.Г., Лазуткина О.Р., Фарафонтова Е.П.  
УрФУ*

Работа посвящена улучшению эксплуатационных свойств готовых силикатных покрытий, путем введения в состав эмалевого шликера добавок оксидов, изменяющих фазовый состав, микроструктуру, свойства эмалей и эмалевых покрытий. Исследовано влияние на механические свойства эмалевых покрытий введения в состав базовой эмали добавок оксидов переходных металлов в пределах 0,5-2 %.

В качестве базового состава была взята эмаль марки С-100 с высокой химической стойкостью и достаточной технологичностью. Результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Влияние добавок термостойких оксидов на свойства эмалевых покрытий

Наименование эмали (№ обр.)	Добавки, мас. %	Модуль упругости Е, мН/м <sup>2</sup>	Прочность на изгиб, мН/м <sup>2</sup>	Температура обжига, °С	Химическая устойчивость, %
С-100	-	76600	280	880	0,28
10	2 Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	91000	244	923	5,09
25	2 MoO <sub>3</sub>	79400	313	870	2,50
28	2 ZrO <sub>2</sub>	93500	245	853	0,40
29	2 SnO <sub>2</sub>	74000	250	830	0,30
30	2 ZnO	69000	200	835	0,23

Исследования эмалей с различными добавками в определенных диапазонах (от 0,5 до 2,0 мас. %) свидетельствуют о возможности повышения химической и механической прочности эмалевых покрытий. В мельничный состав вводили малые добавки оксидов CaO, MgO, ZnO, SiO<sub>2</sub>, ZrO, SnO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub> 0,5-3,0 % массы и изучали их влияние на фазовый состав и свойства покрытия, результаты приведены в табл. 2.

## Свойства покрытия

Содержание оксидов, %							Свойства покрытия		
SiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	CeO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	CaO	MgO	ZnO	Термо-стойкость, °С	Прочность при ударе, кг/м	Химическая стойкость, мг/см <sup>2</sup>
-	0,50	-	-	2,00	0,50	1,00	400	0,9	0,57
-	0,50	0,5	0,50	2,00	0,50	1,00	440	0,8	0,50
-	0,25	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	470	0,8-1,0	0,31
1,0	0,50		0,25	-	-		510-530	1,2	0,34

Установлено, что добавки оксидов избирательно влияют на свойства и фазовый состав силикатно-эмалевого покрытия при введении их в состав шликера. При совместном введении оксидов наибольший эффект достигается при их суммарном содержании не более 1-2 %.

Широкие возможности регулирования структуры эмалевого покрытия и, тем самым, его свойств, открываются при модифицировании его контролируемые добавками. Так введение энтеровалентных добавок поверхностно-активных оксидов WO<sub>3</sub>, WO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в высококремнеземистые эмали системы Li<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O-CaO-SiO<sub>2</sub> приводит при достаточном их количестве к стабилизации в широком интервале температур высокотемпературной кубической фазы.

В ходе исследований, проводившихся в данной работе, установлено, что увеличение скорости формирования покрытия, снижение температуры и продолжительности достигается при использовании порошков (оксидов), измельченных при помоле до размера частиц менее микрона, т.е. находиться в нанометровом диапазоне. Порошки поверхностно-активных веществ вводили в основной состав эмалей в количестве от  $5,7$  до  $34,2 \cdot 10^{-3}$  мольных долей сверх 100 в.ч.

Эксперименты показали, прочность на удар и термическая стойкость покрытия экстремально растет с увеличением количества WO<sub>2</sub>, Mo<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Для WO<sub>3</sub>, MoO<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> только при добавке в небольших количествах ( $5,7 \cdot 10^{-3}$  мольной доли). Дальнейшее увеличение их содержания приводит к усилению кристаллизации и значительно ухудшает разлив покрытия.

Широкие возможности регулирования структуры эмалевого покрытия и, тем самым, его свойств, открываются при введении в состав шликера контролируемых добавок, это позволяет разрабатывать и внедрять инновационные специальные защитные покрытия для различных отраслей промышленности.

Расширение сферы применения эмалированных изделий выдвинуло дополнительные требования к качеству эмалей и их эксплуатационным характеристикам. Для эмалирования изделий технического назначения должны применяться специальные эмали с повышенной химической стойкостью механической прочностью на истирание, прочностью сцепления со сталью, обладающие также повышенной эластичностью и прочностью при изгибе. Получить защитные покрытия с данными эксплуатационными свойствами удалось, используя

модифицированные эмали нового поколения, разработанные специалистами УрФУ совместно со специалистами ЗАО «Ставан-Комплекс».

Таким образом, предлагаемые в данной работе составы для защиты магистральных трубопроводов эмалевыми покрытиями позволяют значительно снизить энергозатраты при эксплуатации и обслуживании за счет снижения аварийности трубопроводов. Это дает возможность (при сохранении важнейших преимуществ металла – технологичности и механической прочности) придать трубопроводам новые характеристики, обусловленные свойствами специальных силикатных эмалей: стойкость всем видам коррозии, твердость и гладкость поверхности, высокая гигиеничность.

## **РАЗРАБОТКА ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ ФОРСУНКИ ДЛЯ ГРАНУЛЯЦИИ ПЕРКАРБОНАТА НАТРИЯ В АППАРАТЕ КИПЯЩЕГО СЛОЯ**

*Втюрин М.А., Никулин В.А.  
УрФУ*

На ОАО «Перкарбонат» (г. Новочебоксарск) получают перкарбонат натрия в реакторе. Реакция мгновенная с образованием кристаллов из карбоната натрия. Полученный продукт направляют в сушку в аппарат кипящего слоя (КС).

Существующая на предприятии схема подачи реагентов и транспорта продуктов реакции в аппарат КС, из-за быстрой кристаллизации и забивания транспортирующих материал устройств, является препятствием для дальнейшего повышения производительности сушильной установки.

С целью дальнейшего повышения производительности установки сушки для перкарбоната разработан и изготовлен опытный образец двухкомпонентной форсунки для подачи реагентов в аппарат КС.

Предложена принципиально новая технология получения продукта, когда реагенты по отдельности распыляются в двухкомпонентной форсунке до заданных расходов над кипящим слоем, и реакция перкарбоната натрия проходит на поверхности взвешенных в кипящем слое частиц с получением продукта преимущественно заданного дисперсного состава.

Основные параметры разработанной двухкомпонентной форсунки получены на лабораторном стенде, созданном на кафедре МАХП ХТИ УрФУ. В июне 2013 г. проведены промышленные испытания на рабочих средах в аппарате КС предприятия ОАО «Перкарбонат».

Данная форсунка очень эффективна, т. к. она одна заменяет два громоздких смесителя. Для её работы требуется только сжатый воздух, в отличие от смесителей, для которых нужны значительные затраты электрической энергии. Также с помощью данной форсунки удалось получить более качественный продукт, чем продукт, получаемый в смесителях.

Принято решение об опытно-промышленном внедрении новой технологии получения перкарбоната натрия на одной из сушилок КС.